

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07199240  
PUBLICATION DATE : 04-08-95

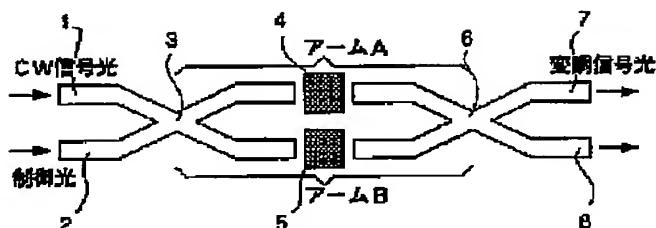
APPLICATION DATE : 28-12-93  
APPLICATION NUMBER : 05337931

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : NAKAMURA SHIGERU;

INT.CL. : G02F 1/35 G02F 1/313

TITLE : OPTICAL MODULATION METHOD



ABSTRACT : PURPOSE: To execute optical modulation of a light-light control system which is not limited in a high-speed characteristic by slow relaxation time of actually excited carriers while utilizing a change in nonlinear refractive index generated by absorption of control light without complicating the structure of a Mach-Zehunder interferometer.

CONSTITUTION: The Mach-Zehunder interferometer is constituted by two pieces of 3dB couplers 3, 6 and nonlinear optical elements 4, 5 are inserted into both arms thereof. The arm A is shorter by 3mm in optical path length than the arm B. The signal light of CW is made incident from an input port 1 and is branched. The branched signal light beams interfere with each other again after passing 4, 5. A change in refractive index is generated by the absorption of the control light when the control light pulse are made incident from the input port 2. The signal light output is first changed in the light intensity according to rising of the change in the refractive index in the element 4 and restores the original light intensity according to the rise of the change in the refractive index in the element 5 after 10ps. The optical modulating speed is not limited by the slow relaxation time of the actually excited carriers.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-199240

(43)公開日 平成7年(1995)8月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 02 F 1/35  
1/313

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平5-337931

(22)出願日

平成5年(1993)12月28日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 中村 淳

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

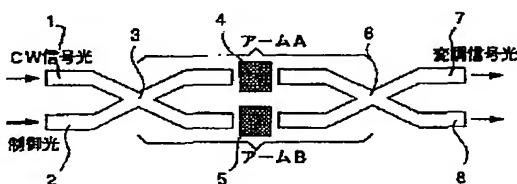
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 光変調方法

(57)【要約】

【目的】 制御光吸収によって生ずる非線形屈折率変化を利用してしながらも実効起キャリアの遅い緩和時間によって高速性を制限されない光一光制御方式の光変調を、マッハ・ツエンダー干渉計の構造を複雑化させることなく行う。

【構成】 2個の3dBカプラ3、6により、マッハ・ツエンダー干渉計が構成され、その両アームに非線形光学素子4、5が挿入される。アームAはアームBよりも光路長が3mm短い。CWの信号光は、入力ポート1より入射され分岐されて、4、5を通して干涉する。パルス幅1psの制御光パルスを入力ポート2より入射すると、4、5では制御光吸収により屈折率変化が生ずる。信号光出力は、まず素子4での屈折率変化の立ち上がりに伴って光強度が変化し、その10ps後、素子5での屈折率変化の立ち上がりに伴って光強度は元に戻る。光変調速度は実効起キャリアの遅い緩和時間によって制限されない。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 両アームの少なくとも一部を3次の非線形光学効果を示す材料で構成したマッハ・ツエンダー干渉計を用い、該非線形光学効果発現部への制御光入射により生ずる屈折率変化に基づいて行われる光変調方法において、該マッハ・ツエンダー干渉計の両アームに光路長差を与え、制御光を該両アームに同時に入射することを特徴とする光変調方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光変調方法に関し、特に光ファイバ通信や光情報処理等の分野で用いられる光変調方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信システムや光情報処理システムの高速化には、高速の光変調が必要不可欠となる。従来、光変調の方法としては、電気信号により光変調（電気一光制御）を行う方法がとられてきた。この電気一光変調の例としては、光導波路に変調電界を印加し、電界変化に伴う吸収係数変化を利用してCW光からパルス光を得る方法、マッハ・ツエンダー型光導波路の一方のアームまたは両方のアームに変調電界を印加し、電界変化に伴う屈折率変化を利用してCW光からパルス光を得る方法などが挙げられる。しかし、電気信号を光導波路に印加する速度は、電気回路のCR時定数によって制限され、これが光変調器の高速化を妨げる大きな要因となっている。

【0003】 そこで、このCR時定数の限界を打ち破る方法として、電気回路を光制御に使用せず、光信号により光変調（光一光制御）を行う方法が注目されている。光一光変調には、光励起によって生ずる非線形光学効果が利用される。ここで大きな問題となるのは、高速性と低エネルギー性の両立である。例えば、半導体に光を吸収させると、バンドフィーリング効果によって非線形屈折率変化を生ずる。これを利用すれば、低エネルギーでの光制御が可能となるが、実励起されたキャリアが消滅し屈折率変化が回復するのに時間を要する。通常、例えばGaAsに生成されたキャリアが再結合によって消滅するのに要する時間は数nsである。高速の光制御を実現するためには、遅い緩和時間の問題を解決しなければならない。

【0004】 1991年10月、アプライド・フィジクス・レターズ(Applied Physics Letters)、第59巻、第18号、2222ページ～2224ページには、半導体のバンドフィーリング効果を利用した光一光制御方式による光変調の方法が記載されている。この方法では、図3に示すように、GaAs光導波路により構成されたマッハ・ツエンダー干渉計を用いる。波長1.15μmのCW信号光が入力ポート13から入射され、且分岐され、一方は非線形性発現部14を通過し、再び合波され

て干渉する。干渉する二光波の位相差で出力ポート15から出射される信号光の強度が定まる。したがって、非線形性発現部14で屈折率を変化させることにより信号光強度が変調されることになる。この屈折率変化は、波長0.633μmまたは0.550μmの制御光パルスを上方より非線形性発現部14に照射し吸収させることによって引き起こされる。

【0005】 図3に示した方法では、光変調の立ち上がりに要する時間（オン動作）は1ps程度であるのに対し、立ち下がりに要する時間（オフ動作）は通常数nsとなる。これは、非線形性発現部14での制御光吸収から屈折率変化が立ち上がるまでに要する時間は1ps程度であるのに対し、既に述べたように、実励起されたキャリアが再結合し屈折率変化が消失するのに要する時間が数ns程度であるためである。

【0006】 ここで、半導体のバンドフィーリング効果の立ち上がりが1psと短いことに注目すれば、光変調の立ち上がり動作（オン動作）も立ち下がり動作（オフ動作）も屈折率変化の立ち上がりだけを利用する方法が考えられる。特願平5-164455号明細書には、この方法を利用して光一光制御を行う光スイッチが記載されている。信号光の進路の切り替えを目的としているが、CW光をパルス光に変換する光変調器として動作させることも可能である。図2に、この方法に用いられる素子の一例を示す。3dBカプラ3、6でマッハ・ツエンダー干渉計が構成されており、その両アームに光吸収により非線形屈折率変化を示す素子4、5が挿入されている。さらに、非線形光学素子4、5に制御光を入射するために波長選択カプラ10、12が備わっている。3dBカプラ3、6、波長選択カプラ10、12は光ファイバであり、非線形光学素子はGaAsをコアとしAlGaAsをクラッドとする半導体光導波路である。（全てのコンポーネントを半導体光導波路で構成してもよい。）

CWの信号光は、入力ポート1より入力され、3dBカプラ3で分岐され、一方は非線形光学素子4を、他方は非線形光学素子5を伝搬した後、再び3dBカプラ6で合波され干渉する。信号光の波長は900nmであり、非線形光学素子の光導波部を構成するGaAsでの吸収は小さい。出力ポート7から出射される信号光出力は、3dBカプラ6で信号光が干渉する際の位相差によって定まる。第一の制御光パルス（パルス幅1ps）は、入力ポート9へ入射され、波長選択カプラ10を通過した後、非線形光学素子4へ入射される。制御光の波長は870nmであり、非線形光学素子4で吸収される。素子5ではバンドフィーリング効果による屈折率変化が生じ、干渉する信号光の位相差が変化し、信号光出力強度が変化する（オン動作）。このオン動作に要する時間は1ps程度である。さらに、第二の制御光パルス（パルス幅1ps）が、10psの時間差をおいて入力ポート11

3

へ入射され、波長選択カプラ12を通過した後、非線形光学素子5へ入射され吸収される。素子5では、やはりバンドフィーリング効果による屈折率変化が生じる。これによって、第一の制御光パルスによって生じた位相差変化はキャンセルされ、信号光出力強度は初期状態に戻る（オフ動作）。このオフ動作に要する時間も1ps程度である。すなわち、屈折率変化の緩和時間が遅いにもかかわらず、10psで光変調が行われることになる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】図2に示した素子は、元来、信号光の進路の切り替えを行うことを目的としており、アームAとアームBの光路長は等しい。もし等しくなければ、信号光パルスが一旦分岐された後再び干渉することは不可能となり、信号光パルスの進路の切り替えが不可能となる。したがって、非線形光学素子5および6での屈折率変化はある時間差を置いて生じさせる必要があり、素子5、6への制御光入力ポートを別々に設けなければならない、構造が複雑となる。

【0008】本発明の目的は、オフ動作がキャリアの再結合時間に依存しない高速の光-光制御方式の光変調を、より簡単な構造のマッハ・ツェンダー干渉計で可能にすることにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による光変調方法は、両アームの少なくとも一部を3次の非線形光学効果を示す材料で構成したマッハ・ツェンダー干渉計を用い、該非線形光学効果発現部への制御光入射により生ずる屈折率変化に基づいて行われる光変調方法において、該マッハ・ツェンダー干渉計の両アームに光路長差を与える、制御光を該両アームに同時に入射することを特徴とする。

## 【0010】

【実施例】図1を用いて、本発明による光変調方法の一実施例を説明する。3dBカプラ3、6でマッハ・ツェンダー干渉計が構成されており、その両アームに光吸収により非線形屈折率変化を示す素子4、5が挿入されている。3dBカプラ3、6は光ファイバであり、非線形光学素子4、5はGaAsをコアとしAlGaAsをクラッドとする半導体光導波路である。（全てのコンポーネントを半導体光導波路で構成してもよい。）アームAには、アームBより3mm短い光路長を与える。

【0011】CWの信号光は、入力ポート1より入力され、3dBカプラ3で分岐され、一方は非線形光学素子4を、他方は非線形光学素子5を伝搬した後、再び3dBカプラ6で合波され干渉する。信号光の波長は900nmであり、非線形光学素子の光導波部を構成するGaAsでの吸収は小さい。出力ポート7から出射される信号光出力は、3dBカプラ6で信号光が干渉する際の位相差によって定まる。制御光パルス（パルス幅1ps）は、入力ポート2へ入射され、3dBカプラ3で分岐さ

4

れ、非線形光学素子4および5へ入射される。制御光の波長は870nmであり、非線形光学素子4および5で吸収される。素子4、5では、同時にバンドフィーリング効果によって非線形屈折率変化が生ずる。しかし、アームAの方が光路長が短いため、まず、非線形光学素子4での屈折率変化に伴って干渉する信号光の位相差が変化し、信号光出力強度が変化する（オン動作）。このオン動作に要する時間は1ps程度である。その10ps後、非線形光学素子5での屈折率変化に伴って、素子4

10 での屈折率変化によって生じた位相差変化がキャンセルされ、信号光出力強度は初期状態に戻る（オフ動作）。このオフ動作に要する時間も1ps程度である。すなわち、屈折率変化の緩和時間が遅いにもかかわらず、10psで光変調が行われることになる。得られる変調信号光のパルス幅は、アームAとアームBの光路長差を3mmとしたため10psとなるが、光路長差を変化させることでパルス幅を変化させることができる。また、出力信号光波形として矩形波を得られることも大きな特徴である。

20 【0012】本発明では、両アームの光路長は等しくないが、入力される信号光はCWであるため問題とはならない。通常、マッハ・ツェンダー干渉計を構成する場合、両アームの光路長を等しくする。特に、信号光の進路切り替えを行う光スイッチとしての動作を目的とするならば、信号光パルスを一旦分岐させた後再び干渉させる必要があり、両アームの光路長が等しくなければならない。その場合には、非線形光学素子4および5での屈折率変化がある時間差を置いて生じさせる必要があり、素子4、5への制御光入力ポートを別々に設けなければならない、構造が複雑となる。本発明では、このような構造は必要でない。

30 【0013】以上、光-光制御による光変調方式に関して、例を挙げて説明したが、本発明はこの実施例に限定されるものではない。本例ではGaAsの非線形屈折率変化を用いたが、InP、InGaAsPなどの半導体材料や他の材料における非線形屈折率変化を用いた場合も同様の効果が得られる。また、本例では、非線形光学素子を半導体で構成し、これ以外を光ファイバで構成した光回路を用いたが、全てを半導体で構成した光回路を用いても同様の効果が得られる。さらに、本例では、2個の3dBカプラによりマッハ・ツェンダー干渉計が構成されているが、Y分岐光回路を用いてもよい。

## 【0014】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光変調方法は、マッハ・ツェンダー干渉計の両アームに光路長差を与える、制御光を両アームの非線形光学効果発現部に同時に入射させることを特徴としたため、簡単な構造で高速かつ低エネルギー駆動の光変調を行うことが可能となる。

50 【図面の簡単な説明】

5

【図1】本発明の光変調方法の一実施例の説明図である。

【図2】従来の技術による光変調方法の説明図である。

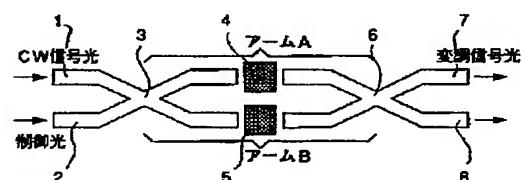
【図3】従来の技術によるマッハ・ツェンダー干渉計の説明図である。

【符号の説明】

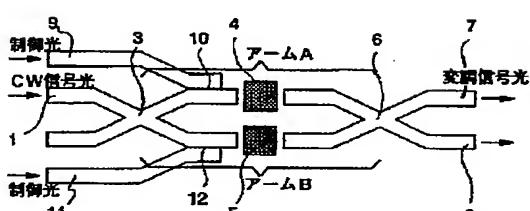
- 1 信号光入力ポート
- 2 制御光入力ポート
- 3 3 dBカプラー
- 4 非線形光学素子
- 5 非線形光学素子
- 6 3 dBカプラー

- 7 信号光出力ポート
- 8 信号光出力ポート
- 9 制御光入力ポート
- 10 波長選択カプラ
- 11 波長選択カプラ
- 12 波長選択カプラ
- 13 信号光入力ポート
- 14 非線形形屈折率変化発現部
- 15 信号光出力ポート
- 16 GaAs層
- 17 AlGaAs層
- 18 GaAs基板

【図1】



【図2】



【図3】

